

SPEKTROMETER FOTOTERMAL

OLEH ; SUNARTA,
JURUSAN FISIKA , F.MIPA-UGM

INTISARI :

Spektroskopi Defleksi Fototermal merupakan sistem spektroskopi yang dapat digunakan untuk mendeteksi kandungan unsur-unsur penyusun bahan dalam konsentrasi yang cukup rendah (orde ppb bahkan dapat mencapai ppt).

Prinsip kerja nya dengan memanfaatkan tenaga radiasi laser yang ditembakkan pada bahan sehingga terjadi serapan pada unsur-unsur penyusun bahan, yang akan berakibat adanya efek termal dalam bahan tersebut. Efek ini akan berakibat terjadinya perubahan indeks refraksi dalam bahan (untuk bahan yang bersifat transparan), atau medium di sekitar permukaan bahan bila bahan bersifat non-transparan. Hal ini akan mengakibatkan ada defleksi terhadap berkas cahaya yang dilewatkan dalam bahan tersebut (efek defleksi). Besar defleksi sebanding dengan besar serapan radiasi oleh unsur-unsur penyusun bahan.

Dengan mengamati defleksi yang terjadi, dapat dianalisa se-berapa konsentrasi kandungan unsur dalam bahan. Pemanfaatan teknik Spektroskopi Defleksi Fototermal cukup luas seperti pada bidang pertanian, biologi, kedokteran, dan sebagainya.

I.PENDAHULUAN :

Spektroskopi merupakan suatu studi tentang interaksi suatu energi dengan suatu bahan untuk mendapatkan informasi mengenai sifat – sifat bahan tersebut misalnya mengenai struktur atom atau struktur inti dalam bahan tersebut. Dengan demikian sistem spektroskopi mencakup banyak disiplin ilmu begitu banyak teknik pengembangan sistem ini.

Laser merupakan energi yang sangat bagus sebagai energi interaksi terhadap bahan atau materi. Hal ini disebabkan karena sifat khusus laser diantaranya mempunyai tenaga radiasi yang tinggi, mempunyai berkas yang terarah, mempunyai sifat monokromatis. Sifat – sifat inilah yang sangat diperlukan dalam teknik spektroskopi. Dengan memanfaatkan beberapa keunggulan laser dapat dikembangkan beberapa teknik spektroskopi yang lebih baik dibanding dengan teknik spektroskopi konvensional (energi bukan dari sumber laser). Teknik spektroskopi yang telah dikembangkan dengan energi laser diantaranya teknik interferometri, teknik thermal lensing, spektroskopi fotoakustik, spektroskopi defleksi fotothermal.

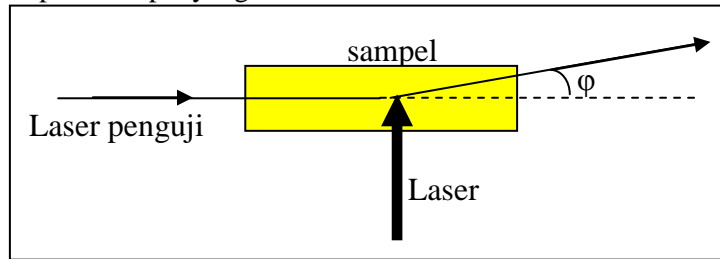
Dalam tulisan ini akan diuraikan khusus mengenai sistem Spektroskopi Defleksi Fototermal yang mempunyai cakupan lebih luas dibanding dengan sistem spektroskopi lainnya. Dalam spektroskopi Defleksi Fototermal dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi bahan yang berwujud padat, gas maupun cair yang hal ini tidak bisa dicapai oleh sistem spektroskopi yang lain.

II.SPEKTROSKOPI DEFLEKSI FOTOTERMAL

Spektroskopi Defleksi Fototermal merupakan teknik deteksi yang menggunakan laser sebagai sumber radiasi. Dalam teknik ini diperlukan tenaga radiasi tertentu yang dapat diserap sampel, kemudian diamati efek-efek fisis yang timbul pada sampel akibat adanya serapan tenaga radiasi laser tersebut. Meskipun hanya terjadi serapan lemah pada sampel, namun pada spektroskopi ini dapat terdeteksi dengan kuat.

Efek-efek fisis yang timbul akibat serapan tenaga radiasi, diantaranya timbulnya tenaga kinetik translasi pada molekul-molekul sampel karena adanya tumbukkan antar molekul, sehingga akan merubah suhu medium sampel dan hal ini sangat berpengaruh terhadap perubahan indeks bias sampel tersebut. (Bicanic, dkk; 1989). Dengan adanya perubahan indeks bias akan berakibat

terjadi pembelokan berkas sinar yang lewat sampel (hal inilah terjadi defleksi berkas sinar akibat adanya perubahan termal pada sampel yang dinamakan “DEFLEKSI FOTO TERMAL”).



Prinsip defleksi fototermal

Penerapan teknik Spektroskopi Defleksi Fototermal (SDF) cukup banyak, diantaranya :

1. Bidang Fisika material; SDF digunakan untuk menentukan koefisien serapan cahaya lemah dengan kepekaan cukup tinggi pada bahan padatan, lapisan tipis, cairan maupun gas. Hal ini sangat berguna dalam analisis sifat-sifat bahan seperti, bahan-bahan semikonduktor, superkonduktor, dan lainnya (Jackson, dkk; 1981)
2. Bidang Kedokteran dan Biologi; SDF dapat diaplikasikan untuk mengamati kandungan unsure-unsur antibody/antigen pada enzyme immunoassay (Nolan & Dovichi; 1986). Unsur-unsur Cadmium dalam penicillin ochro-chloron diamati oleh (Patel; dkk; 1981). Pada bidang Biologi SDF digunakan untuk deteksi produksi gas etilen lokal pada daun dalam pertumbuhan tanaman.
3. Bidang Pertanian; Dipergunakan untuk mendeteksi konsentrasi unsure-unsur kimia tertentu yang terkandung dalam tumbuhan, Misalnya senyawa sulfat dan posfat yang mempunyai serapan kuat pada panjang gelombang infra merah (Bicanic dkk; 1989) Teknik ini juga telah dimanfaatkan oleh (Fournier & Boccara; 1980) untuk pelacakan gas etilen di dalam nitrogen pada konsentrasi yang sangat rendah (orde ppb).

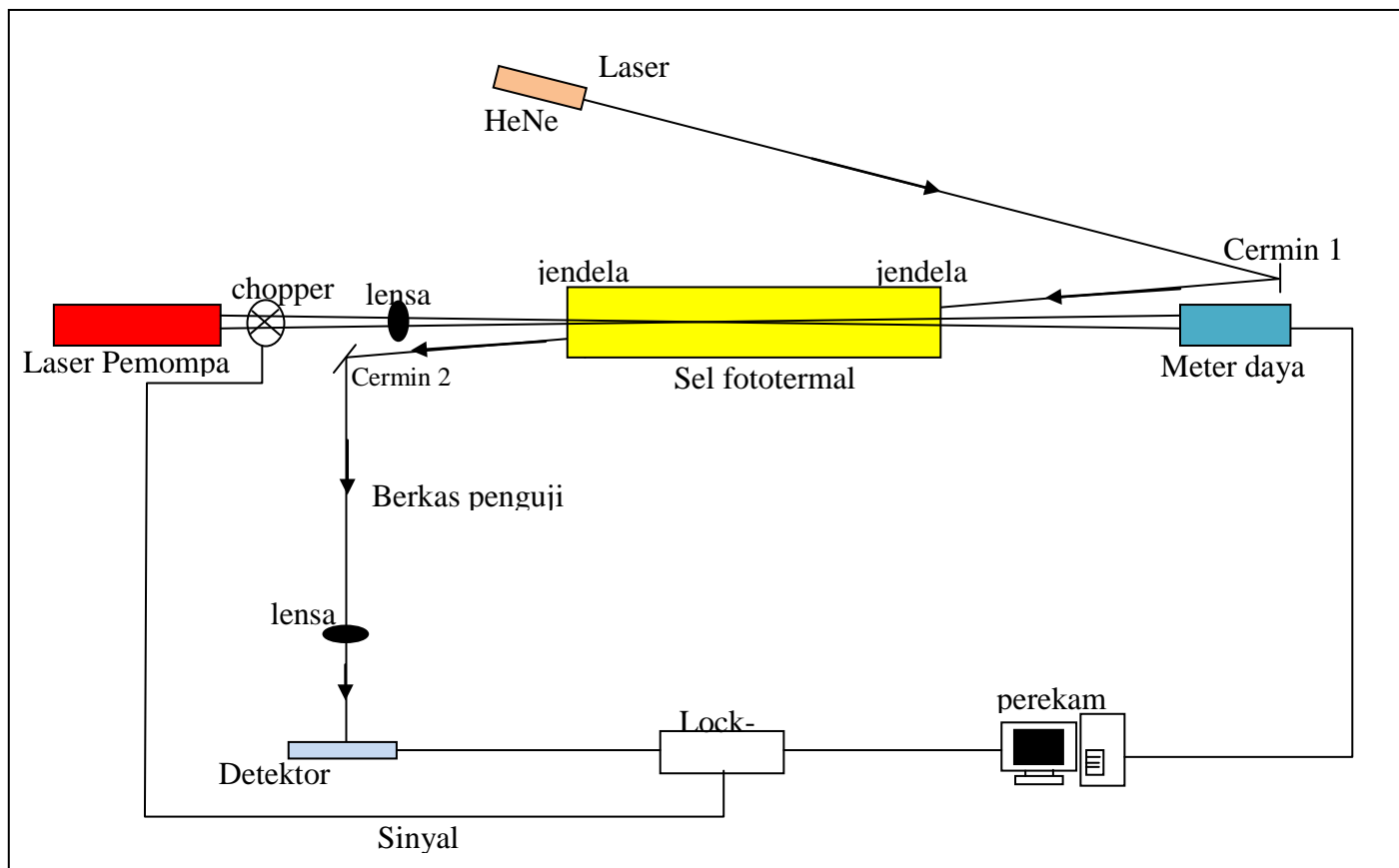
Berdasar beberapa penerapan yang dapat dilakukan dengan teknik spektroskopi defleksi fototermal , maka dapat dikatakan bahwa tehnik spektroskopi ini merupakan terobosan yang relative baru di bidang fisika eksperimen.

III. PRINSIP DETEKSI

Absorpsi radiasi berkas laser pemompa oleh medium secara tidak langsung dapat menyebabkan perubahan indeks refraksi medium sampel pada daerah di sekitar pemansan radiasi pemompa. Absorsi ini juga menyebabkan terjadinya gradien indeks refraksi pada lapisan tipis yang berdekatan dengan permukaan sampel. Dengan mengamati gradien tersebut sebagai fungsi dari perubahan indeks refraksi dengan defleksi berkas laser penguji (probe beam) , diperoleh kaitan defleksi berkas dengan koefisien absorpsi optik dari sampel yang terlewati berkas.

Ada dua macam metode sistem spektroskopi defleksi fototermal diantaranya :

1. Defleksi Fototermal Kolinear (Longitudinal)
Dalam metode ini pengamatan atau pengujian efek terjadi di dalam sampel, sehingga sistem ini biasanya digunakan untuk jenis sampel yang bersifat dapat tembus cahaya (transparan)
2. Defleksi Fototermal Transfersal
Dalam metode ini pengujian gradien refraksi dilakukan di bagian permukaan sampel atau lapisan tipis pada permukaan sampel. Sehingga metode ini biasanya digunakan pada sampel yang bersifat tidak tembus cahaya, juga untuk sampel yang mempunyai kualitas serapan optik rendah



Proses deteksi

Radiasi laser pemompa dimodulasi dengan modulator yang dapat diatur frekuensinya. Intensitas radiasi yang sudah termodulasi tersebut dilewatkan kedalam sel yang berisi bahan yang akan dideteksi. Untuk memperkuat intensitas radiasi laser pemompa digunakan sebuah lensa cembung agar berkas bisa terfokus kedalam sampel. Berkas penguji digunakan laser HeNe yang berdaya kecil. Berkas ini dilewatkan kedalam sel sedemikian sehingga dapat terjadi tumpang tindih (overlap) dengan berkas laser pemompa.

Diperlukan beberapa buah cermin pemantul untuk pengaturan berkas laser penguji sehingga diperoleh interaksi yang seefektif mungkin. Berkas laser penguji yang lewat sel dideteksi dengan detektor posisi yang kepekaannya tinggi. Karena sinyal keluaran yang dihasilkan oleh detektor posisi sangat kecil maka perlu penguat sinyal yaitu digunakan lock-in amplifier. Disamping menerima sinyal dari detektor posisi, penguat lock-in juga menerima sinyal dari chopper sebagai sinyal referensi. Dengan demikian hanya sinyal fotothermal yang mempunyai frekuensi yang sesuai dengan frekuensi sinyal referensi saja yang akan diperkuat oleh lock-in amplifier. Lock-in amplifier juga mempunyai kemampuan mereduksi sinyal noise yang timbul. Sinyal keluaran dari lock-in amplifier secara serempak dapat direkam dengan menggunakan komputer.

IV. HASIL-HASIL YANG TELAH DICAPAI (STUDI LITERATUR)

1. Pada tahun 1992, metode Spektroskopi Defleksi Fotothermal digunakan untuk mengamati konsentrasi gas etilen dalam Nitrogen, telah mencapai batas deteksi orde ppb. Dengan menggunakan laser pemompa CO₂ kontinyu, serapan terjadi pada panjang gelombang sekitar 9 – 10 mikron, pada garis laser 10P14. Daya laser pemompa sekitar 1,5 Watt. (Sunarta; 1992).
2. Dengan memperbaiki sistem sel pada sampel, dilakukan kembali deteksi konsentrasi gas etilen dalam campuran gas Nitrogen dengan teknik yang lebih disempurnakan

- menghasilkan kepekaan deteksi yang meningkat, yaitu dapat mencapai kurang dari 20 ppb. (Sunarta; Kusminarto; 1993)
3. Metode deteksi disempurnakan dengan teknik “MULTIPASS DEFLEKSI”; metode ini secara teori dapat meningkatkan sensitivitas deteksi yang berlipat. Dalam metode ini diperlukan tingkat kestabilan sistem yang tinggi, terutama kestabilan sistem laser pemompanya, disamping sistem optik yang cukup kompleks. (Sunarta; Kusminarto; 1994)
 4. Teknik Defleksi Transversal, digunakan untuk mendeteksi kandungan silikon pada bahan padat yang berbasis silikon. Hasil telah dapat memberikan tingkat kehomogenan silikon pada sampel padatan yang ada. (Sunarta; Muslim; 1996)
 5. Pengamatan polutan udara dengan Spektroskopi Defleksi Fototermal; telah dapat menghasilkan serapan gas-gas polutan udara misalkan, gas CO₂, CO, C₂H₄, NH₃, dan H₂O. Serapan terjadi pada daerah panjang gelombang laser CO₂ kontinyu pada garis laser berturut-turut 10R18, 9R30, 10R6, 10R8, 10P4, 10R20. Pada pengembangan lebih lanjut teknik ini dapat dibuat sebagai sistem alat monitor gas. (Sunarta; 1998)
 6. Telah dilakukan penyempurnaan sistem pemutar kisi laser pemompa dengan otomatis, terkendali komputer. Hal ini akan mempermudah dan mempercepat proses deteksi dan juga dapat meningkatkan akurasi. Pada langkah ini akan didapat spektrum keluaran laser pemompa lebih komplit (banyak garis spektrum laser yang mudah dideteksi). (Sunarta; Eko S; 2000).

V. KESIMPULAN

1. Spektrometer Defleksi Fototermal dapat digunakan untuk mendeteksi kandungan unsur suatu bahan dengan sensitivitas cukup tinggi (orde ppb).
2. Syarat unsur yang bisa terdeteksi adalah unsur tersebut mempunyai serapan radiasi terhadap tenaga radiasi laser pemompa.
3. Sistem Spektroskopi Defleksi Fototermal mempunyai keunggulan bahwa sampel dapat berwujud padat, cair maupun gas meskipun mempunyai serapan radiasi cukup lemah. Disamping mempunyai sifat deteksi yang tidak merusak sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Bicanic, D; dkk; 1989 “The Use of Reverse Mirage Spectroscopy to Determine the Absorption Coefficient of Liquid Methanol at CO₂ Laser Wavelengths” *Applied Spectroscopy*, Vol 43, No 1 page 148-153.
- Dovich, N.J; 1988; Putting Back the Limits of Detection” *Chemistry in Britain*, page 895-898.
- Fournier, D; and Boccara, A.C; 1980, Sensitive in Situ Trace Gas Detection by Photothermal Deflektion Spectroscopy”, *Applied Physics Letters*, Vol 37 No.6 page 519-521.
- Sunarta; 1992; “Photothermal Deflection Spectroscopy System for Trace Detection of Ethylene Gas” *Buletin Pasca Sarjana UGM (BPPS-UGM)*, No.5(4B),
- Sunarta; Kusminarto; 1993; “Pengukuran Konsentrasi Gas Etilen Dengan Teknik Defleksi Fototermal”; *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Basic Sains Universitas, Bandung*.
- Sunarta; Kusminarto; “Optimasi Sistem Pengukuran Konsentrasi Gas Etilen Dengan Teknik Multi-Pass Defleksi Fototermal”; *Bandung; 1994*.
- Sunarta; Muslim; “Spektroskopi Defleksi Fototermal untuk Mengamati Kehomogenan Silikon pada Bahan Padat”; *Berkala Ilmiah MIPA-UGM; th ke VI. No 7, 1996*
- Sunarta; “Pengamatan Spektrum Serapan Udara Bebas dengan Spektrometer Fototermal”; *Makalah Simposium Fisika Nasional Ke XVII, 1998*
- Sunarta; Eko S.; “Penyempurnaan Sistem Pemutar Kisi Laser CO₂ Kontinyu dengan Kendali Komputer untuk memperoleh Spektrum Keluaran Secara Komplit dan Akurat; 2000; LIT-UGM.